Aus dem Gerichtsärztlichen Institut der Universität Breslau.
Direktor: Professor Dr. Karl Reuter.

Gefrierhistologische Untersuchungen an einigen inneren Organen menschlicher Leichen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
in der Medizin und Chirurgie
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

vorgelegt von

Leonhard Pauldrach
Arzt.

Breslau 1938
Druck: Hochschulverlag Karl Vater, Breslau 5, Siebenhufener Str. 11-15

Gedruckt mit Genehmigung
der medizinischen Fakultät der Schlesichen Friedrich-Wilhelm-Universität zu Breslau.

Referent: Professor Dr. Reuter.

Dekan: Professor Dr. Perwitzschky

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Ueber den Einfluß und die Wirkungsweise der Kälte auf die tierischen Gewebe ist in der älteren Literatur verhältnismäßig wenig zu finden. Ganz abgesehen davon, daß jene Autoren ihre Versuche und Beobachtungen an lebenden Geweben bezw. Tieren anstellen, ist ihre Fragestellung eine andere als diejenige, von welcher die hier vorliegenden Untersuchungen ausgehen. Reaktion des lebenden Organismus auf den Kältereiz — soweit er histologisch zum Ausdruck kommt — Art und Umfang der histologischen Veränderungen und ihre Reparation sind für das ältere Schrifttum in erster Linie von Wichtigkeit.

Die Entdeckung, daß die roten Blutkörperchen durch Gefrieren gelöst werden, sodaß das Blut lackfarben wird, ist zuerst von Brücke (14) gemacht worden. Kriege (3) beobachtet bei Anwendung des Aethersprays als erste pathologische Erscheinung nach der Erfrierung das Auftreten feinkörniger Blutplättchenthromben in den Gefäßen „infolge einer Alteration der Gefäßwand". Die — nach seiner Ansicht — nekrotischen Veränderungen seien als Folge des — kältebedingten — thrombotischen Verschlusses der zuführenden Arterien zu betrachten. Ein Absterben der Zelle unter der direkten Einwirkung der Kälte sei nicht anzunehmen, wenn auch eine gewisse Schädigung der Zellen wie auch der Gefäßwand durch die Kältewirkung nicht zu bestreiten sei. Zu ähnlichen Ergebnissen und Folgerungen kommt auch Hodara (8) auf Grund der Untersuchung von nekrotischen Hautstückchen bei Frostgangrän und Gefrierversuchen an Kaninchenohren. Die Thromben sollen die Hauptschuld an der „Mortifikation" haben. Zusammenfassend läßt sich sagen: beide Autoren sehen in den beobachteten histologischen Veränderungen die Folgen eines durch die Kälte bedingten thrombotischen Verschlusses der Arterien bezw. die Folgen einer — kältebedingten — Blutstase bezw. Ischämie der Gewebe. Rischpler (12), der den Aetherspray (ca — 16 C) auf seine Objekte 3 Minuten lang einwirken ließ, beobachtet in seinen Versuchen an lebenden Geweben — Kaninchenohren, Schenkelhaut und Mäuseschwänzen — Auftreten von

Vakuolen im Protoplasma, Schrumpfung der Kerne, schließlich Nekrose und Zerfall des Kerns und der Zelle; weiter Schädigung der Gefäßwände: Ablösung von Endothelien. An Muskelgewebe: Aenderung oder Verlust der Querstreifung, Zerklüftung oder Zerfall der Fasern in unregelmäßige, homogene oder körnige Fragmente. Als das Wesen und die Ursache dieser Veränderungen betrachtet R. die Wasserentziehung und Eisbildung; ferner vertritt er die Ansicht, daß die Schädigung des Gewebes mit dem Grade der Abkühlung zunimmt. Ein solches Ergebnis mag im Hinblick auf die Reparation als richtig angesehen werden; vom histologischen Standpunkte aus betrachtet, dürften aber die morphologischen Veränderungen, wie wir heute wissen, umso geringer sein, je schneller das Gewebe gefriert. Fuerst (10) findet in seinen Versuchen an Epithelgewebe, die sich hauptsächlich mit den Folgezuständen mehrfach in kurzen Abständen wiederholter leichter Erfrierungen befassen, das Auftreten von Vakuolen; das Protoplasma erscheint grobkörnig granuliert und umschließt hier und da hyaline Gebilde. „Einzelne Zellen zeigen beginnende Nekrose, die Kerne schrumpfen oder erleiden eine Abschwächung ihres Tinktionsvermögens. Diese Degenerationserscheinungen seien direkt auf die Kälte zu beziehen, nicht, wie Kriege und Hodara behaupten, auf die Thromben der Gefäße". Rudolf Volkmann (6) berichtet über zwei Arten der Schädigung der Muskulatur durch Frost: scholliger Zerfall der kontraktilen Substanz ohne totalen Verlust der Kerne und der Sarkolemme. In anderen Fällen ähnelt das Bild außerordentlich den Muskelzerstörungen durch Ischämie mit Zerfall in „Discs" und Schwund der Kerne. Uschinsky (5) beobachtet an epithelialem Gewebe „Vakuolenbildung in den Zellen und Untergang entweder einzelner Zellen oder ganzer Gruppen von Zellen". An Muskelgewebe: „Auftreten von homogenen Schollen oder hyalin entartete Muskeln und an manchen Stellen eigentümliche, stark ausgesprochene Längsstreifung der Muskelfasern, wobei auch die Querstreifung recht gut zu Tage trat". Dieser Autor ist der Meinung, daß die niederen Temperaturen die Gewebe, besonders die Zellkerne, weniger schädigen als die hohen Temperaturen.

In groß angelegten Versuchen (mit umfangreichen Vorstudien über die physikalisch-chemischen Veränderungen von kolloidalen und echten Lösungen) findet der Botaniker Molisch (9) — unter Verwendung eines besonderen Ge-

friermikroskops — als Ursache für das Gefrieren von Pflanzen — und damit für die gefrierhistologischen Veränderungen — die intra- und extrazelluläre Eisbildung. Moellgaard (15) berichtet in seiner Arbeit „Ueber die Verwendung der Gefriermethode für die vitale Fixation des zentralen Nervensystems", daß das von ihm beschriebene Netzwerk ein durch das Gefrieren hervorgerufenes Kunstprodukt sei und zwar derselben Art wie die durch Abkühlung zu niedriger Temperatur in Gelatine, Serum, Stärkekleister und anderen kolloidalen gelatinierenden Lösungen hervorgerufenen Bildungen. Auch stellt er eine Irreversibilität der Veränderungen fest.

Schmorl (24) warnt: „bei der Verarbeitung frischen Materials mittels des Gefrierverfahrens sei nicht außeracht zu lassen, daß das Gefrieren kein gleichgültiger Vorgang sei, es träten in dem Präparat durch Eisbildung nicht selten feine Zerreißungen ein, auch würden manche Zellen dadurch geschädigt."

In neuerer Zeit fördert das Problem der Gefrierfleischversorgung weitere Erkenntnisse: Schellenberg (16) berichtet über die physikalisch-chemischen Vorgänge beim Gefrieren des Rindermuskels und beschreibt als histologische Wirkung des Gefrierprozesses: Bildung von neuen Zwischenräumen, Rißwirkung auf Membranen und Zelle mit Abgabe von Zellinhalt in die Lücken. Eine Wiederherstellung des ursprünglichen histologischen Bildes nach dem Auftauen bezweifelt er ernstlich. Auch deutet er die beim Gefrieren entstandenen Veränderungen durchaus richtig als Entquellungsprozeß, wobei sich das Wasser von den kolloidalen Substanzen der Muskelfaser trennt, und kennt auch den Einfluß der Gefriergeschwindigkeit auf die Verteilung des Wassers im Gewebe.

Die während des Weltkrieges unter dem Zwange der Ernährungsschwierigkeiten entstandenen Untersuchungen von Plank, Ehrenbaum und K. Reuter (17) über die Konservierung von Fischen durch das Gefrierverfahren haben in grundlegender Weise die Auffassung über die Kältewirkung geklärt. K. Reuter (20, 21) schildert die Unterschiede in den histologischen Bildern von tierischem und menschlichem verschiedenen Temperaturen ausgesetzten Muskelgewebe; zusammen mit Ehrenbaum und Plank beschreibt er in der bereits genannten Arbeit die bei den verschiedenen Verfahren (Einfrieren in Sole bezw. Luft) — und damit verschiedenen Temperaturen bezw. Gefriergeschwindigkeiten —

auftretenden histologischen Veränderungen. Die — vor allem bei dem Studium der Gefrierhistologie des Muskels — gewonnenen Ergebnisse faßt er gesetzmäßig folgendermaßen zusammen:

„Beim Einfrieren frischer protoplasmatischer tierischer (vermutlich auch pflanzlicher) Gewebe spielen sich bei gleichmäßiger Abkühlung die physikalisch-chemischen, in festem Abhängigkeitsverhältnis zur Gefriergeschwindigkeit stehenden Dissoziationsvorgänge (Jonenwanderung und kolloidale Trennungserscheinungen) von vornherein isoliert im Innern einer jeden Körperzelle ab und liefern gegebenenfalls den Dimensionen der letzteren angepaßt, feine gewebliche Strukturveränderungen. Der Zellorganismus, als somit noch aktiv morphologisch bestimmender Faktor, kann bei zunehmender Verlangsamung des Abkühlungsprozesses und bei Gegenwart überwiegender Flüssigkeitsmengen unter Sprengung der Zellgrenzen so vollständig ausgeschaltet und beiseitegedrängt werden, daß er morphologisch nur noch die Rolle eines passiven Fremdkörpers innerhalb der zusammenhängend abgeschiedenen Gewebsflüssigkeit spielt, die darauf als Ganzes den Kristallisationsgesetzen unterliegt. Die Grenze der Gefrierverlangsamung, bis zu welcher die Körperzelle das histologische Bild beherrscht, ist bei den verschiedenen Geweben naturgemäß verschieden, aber beeinflußt durch den jeweiligen Wassergehalt, die Zellgröße und die Dehnbarkeit der Zellmembran." Von erheblicher Bedeutung sind auch die Beobachtungen K. Reuter's, daß bei langdauerndem Einfrieren und langem Aufbewahren von Leichen Verdunstungsvorgänge auftreten, die umso stärker ins Gewicht fallen, je lebhafter die Luftzirkulation unterhalten wird, und daß weiter ein lebhafter Gasaustausch zwischen dem Innern gefrorener Leichen und der Außenluft stattfindet. Die physikalisch-chemischen Erkenntnisse der letztgenannten Autoren bilden mit die Grundlage für das Schmidt'sche (26) Verfahren zur Ausmittlung extrahierbarer Giftstoffe. Es beruht auf der Möglichkeit, durch langsames Einfrieren kristalloid und kolloid gelöste Stoffe genügend weitgehend voneinander zu trennen. Eine Arbeit aus jüngster Zeit — von Meixner (25) — beschreibt die bei einem Erfrierungstode beobachteten morphologischen Veränderungen an Haut, Muskel- und Fettgewebe: Spaltbildung, verwischte Zellzeichnung, Kernschrumpfung, Kernverlust, starke Kontraktion der Gefäße; am Muskelgewebe: Zerfall des Sarkoplasmas innerhalb

des Sarkolemmschlauches, Verlust der Querstreifung; an Muskelquerschnitten: Lockerung des Fibrillengefüges.

Bei der Bedeutung, die die Gefriertechnik heute bei allen morphologischen Disziplinen, insbesondere in der Medizin, besitzt, erschien es wünschenswert, einmal die bisher kaum in dieser Richtung studierten wichtigsten parenchymatösen Organe: Leber, Milz und Niere menschlicher Leichen zu untersuchen, zumal solche Untersuchungen für den Gerichtsmediziner von ganz besonderem Interesse sein dürften, da sie unter Umständen zur Deutung und Klärung von Befunden an gefrorenen Leichen beitragen könnten. Außerdem dürften sie für das Arbeiten mit dem Gefriermikrotom nicht ohne Bedeutung sein.

Es wurde in vorliegender Arbeit versucht, die gefrierhistologischen Veränderungen an Leber, Milz und Niere zu studieren. Da diese Veränderungen nach den Untersuchungen Planks u. a. von der Gefriergeschwindigkeit abhängig sind, und diese wiederum ein Resultat der einwirkenden Temperatur ist, wurde bei den Versuchen auf möglichste Konstanz der Temperatur geachtet. Die Dauer der Kälteeinwirkung konnte vernachlässigt werden, da man von ihr — wenn sie nicht über extrem lange Zeiträume ausgedehnt wird (vgl. K. Reuter a. a. O.) — keine weiteren Veränderungen zu erwarten hatte, nachdem die Organe erst einmal durchgefroren waren.

Das Versuchsmaterial wurde von möglichst frischen Leichen — Neugeborenen oder geeigneten Erwachsenen — entnommen. Von den kindlichen Leichen wurden die oben genannten Organe in toto, von den Erwachsenen nur Milz und Niere in toto, aus der Leber ein gut männerfaustgroßes Stück zum Gefrieren gebracht. Die Nieren wurden den Versuchen erst nach Entfernung der Kapsel unterworfen. Ein Vorversuch, die Organe in einer Kältemischung von Schnee und Viehsalz gefrieren zu lassen, mißlang, da die erzeugte Kälte (ca. — 12 C) nur sehr kurze Zeit anhielt. Daher wurden die Versuche in der Kühlzelle des Instituts durchgeführt, die eine Temperatur von durchschnittlich — 12 C lieferte. Unter dem Einfluß dieser Kälte standen die Organe mindestens 24 Stunden bis 1 Woche. Zum Auftauen wurden sie in den Sektionsraum — in mittlere Zimmertemperatur gebracht. Dann wurde aus ihnen ein auch die tieferen Schichten erfassendes, annähernd würfelförmiges Stück von ca. 1 cm Kantenlänge herausgeschnitten und in Müller-Formol, in

späteren Versuchen nur in Formol fixiert. Die Paraffinbettung erfolgte in der üblichen Weise, nachdem ein Versuch, die Präparate nach Fixierung auf dem Gefriermikrotom zu schneiden, die Unzuverlässigkeit dieser Methode wegen der sehr leicht auftretenden zusätzlichen Kälteartefakte ergeben hatte. Von Färbemethoden wurden die Uebersichtsfärbungen mit Hämatoxylin-Eosin und die Bindegewebsfärbung nach van Gieson angewandt. Als Versuchskontrollen wurden sofort nach der Entnahme aus der Leiche fixierte Organstücke auf dem Gefriermikrotom geschnitten — etwa auftretende Kälteartefakte waren hier nicht so bedeutungsvoll, da ja die normalen histologischen Bilder der Organe bekannt sind — und den gleichen Färbeverfahren unterworfen. Außerdem wurde hier die Fettfärbung mit Sudan III angewendet.

Zum Verständnis sei vorbereitend durch rein theoretische Ueberlegung über die Entstehungsbedingungen der histologischen Gefrierveränderungen im allgemeinen — ausgehend von der Gewebszelle als der histologischen Einheit des Organismus — folgendes bemerkt:

Die Zelle besteht physikalisch betrachtet u. a. aus einem halbflüssigen Gemisch von Eiweißstoffen kolloidaler Natur, die durchtränkt sind von einer dünnen Salzlösung, der Zellflüssigkeit. Diese beiden Substanzen verhalten sich nach bekannten physikalischen Gesichtspunkten dem Gefrierprozeß gegenüber ganz verschieden, sodaß es zweckmäßig erscheint, beide Vorgänge gesondert zu betrachten. Fassen wir der Einfachheit halber zuerst den Gefrierprozeß einer Kochsalzlösung von gegebener, etwa dem Zellsaft entsprechender Konzentration ins Auge, so wissen wir, daß eine solche Lösung unter 0 Grad abgekühlt werden kann, ohne zu gefrieren, und daß erst allmählich im Laufe weiterer Abkühlung der Gefrierpunkt der Lösung erreicht wird. Das zeigt sich daran, daß Eiskristalle in derselben auftreten.

Diese bestehen aus reinem Wasser, und ihre Zahl nimmt zu, wenn wir die Abkühlung weiter fortsetzen. Dadurch, daß wir nun auf diese Weise immer mehr Eiskristalle erhalten, der Lösung also immer mehr Wasser entziehen, wird diese immer weniger und konzentrierter und schließlich so, daß sie mit Kochsalz gesättigt ist. Die Stetigkeit dieses ganzen Vorganges kann durch eine Kurve, die sogenannte Eiskurve, dargestellt werden. Für verschiedene Salzlösungen

ist natürlich die Sättigungskonzentration verschieden. Verschieden ist aber die Sättigungskonzentration auch in ein und derselben Salzlösung bei verschiedenen Temperaturen, denn je niedriger die Temperatur ist, desto schlechter löst sich bekanntlich das Salz, und einer jeden Temperatur entspricht eine unbestimmte Sättigungskonzentration. So lösen sich z. B. von Kochsalz bei 0 Grad C im Wasser 35,63 %. Beim Sinken der Temperatur scheidet sich dann Kochsalz aus und die Konzentration der Lösung nimmt ab. Wir können also auch der Eiskurve analog eine sogenannte Sättigungskurve konstruieren, und beide, sowohl die Eiskurve wie die Sättigungskurve, repräsentieren physikalische Gleichgewichtslagen zwischen einer flüssigen und einer festen Phase bei verschiedenen Temperaturen unter Null.

Da, wo nun die Sättigungskurve die Eiskurve schneidet, muß die Ausscheidung sowohl von Eis wie von Kochsalz ihr Maximum erreicht haben, und bei der Temperatur des Schnittpunktes gerät dann auch wirklich jede Kochsalzlösung in Erstarrung, d. h. sie gefriert. Man bezeichnet diesen Erstarrungspunkt als den kryohydratischen Punkt, und wir können uns vorstellen, daß er unter allen Umständen erreicht werden muß, wenn eine Salzlösung wirklich fest gefrieren soll. Für Kochsalzlösungen liegt der kryohydratische Punkt bei — 21,2 Grad C und einer Sättigungskonzentration von 28,9 %.

Im Zellsaft der Körperzelle würde der Gefrierprozeß natürlich genau so wie in einer Salzlösung verlaufen, wenn nicht außer den Kristalloiden, den Salzen, noch Kolloide (Eiweißstoffe usw.) vorhanden wären.

Diese verhalten sich nun je nach ihrer Art sehr verschieden. Viele erleiden dabei irreversible Zustandsänderungen, so daß sie nach dem Auftauen nicht mehr als Kolloidlösungen fortbestehen, sondern als fädige Gallerte, feines Pulver oder in Form von Blättchen sich ausscheiden.

Es sind demnach zwei wichtige mechanische Vorgänge, welche das Zellprotoplasma beim Gefrieren angreifen, einmal die Kristallisation des Wassers und zweitens die Ausflockung der Kolloide. Diese beiden Erscheinungen gehen parallel nebeneinander her und sind im Prinzip nichts anderes als eine besondere Form der Wasserentziehung, die das Zellprotoplasma erleidet.

Diese tritt natürlich in ihren ersten Anfängen in molekularer Form auf, und wir können uns vorstellen, daß, wenn

die Abkühlung so schnell vor sich geht, daß der kryohydratische Punkt momentan erreicht wird, die Gesamtmasse ganz plötzlich erstarrt, bevor die Moleküle ihren Platz verlieren können. Das Zellprotoplasma muß also erstarren, bevor mit dem Mikroskop sichtbare Veränderungen eintreten.

Wird dagegen den dissozierten Molekülen Zeit gelassen, sich voneinander zu scheiden und Tröpfchen zu bilden, so wird insbesondere das im Ueberschuß vorhandene Wasser zuerst in den Zellen mikroskopisch sichtbar werden und durch Verdrängung der Kolloide histologische Gefrierstrukturen schaffen, die durch den jeweils einsetzenden Erstarrungsvorgang in den verschiedenen Phasen ihrer Entwicklung fixiert werden müssen.

Diese einfache Ueberlegung zeigt, daß die Gefriergeschwindigkeit einen bestimmenden Einfluß auf die entstehenden histologischen Strukturen haben wird.

In Serien von mehreren hundert Schnitten wurden untersucht: 14 Milz-, 19 Leber- und 20 Nierenpräparate. Es entstammten diese Organe den Leichen von 10 Erwachsenen, 3 Kindern und 5 Neugeborenen. Die histologischen Kontrolluntersuchungen zeigten an den Organen einer Leiche Kernverluste infolge beginnender Fäulnis. 7 Leichen wiesen — als Folge der Todesart — Stauungsorgane auf. In 4 Fällen war eine teils feintropfig-diffuse, teils großtropfig-herdförmige Verfettung der Leber nachzuweisen. Nierenbefunde im Sinne einer beginnenden hyalinen Degeneration der Glomeruli bezw. Bindegewebsvermehrung waren in 4 Fällen zu erheben. Eine Leiche zeigte Schwellung des gesamten lymphatischen Apparates. Die Veränderungen in den oberflächlichsten Schichten der Präparate durften nur mit Vorsicht und Zurückhaltung gewertet werden, da sie nicht durch die reine Wirkung der Kälte allein, sondern auch durch die Austrocknung verursacht waren. (vgl. die a. a. O. zitierte Beobachtung K. Reuters!). Um die bei dünnen Schnitten leicht auftretenden Risse zu vermeiden, die ihrerseits wieder Anlaß zu irrigen Beobachtungen sein konnten, durfte eine gewisse Stärke der Schnitte nicht unterschritten werden. Damit verzichteten wir aber gleichzeitig auf feinere zytologische Einzelheiten.

Als undankbarstes und am wenigsten brauchbares Organ erwies sich die Milz. Da sie schon in frischem Zustande schwer schneidbar ist und leicht zerreißt, waren die erhobenen Befunde nur mit Zurückhaltung zu verwerten. Bei

dem Aufbau des Organs aus einem bindegewebigen Maschenwerk, in das kleine, zellige Elemente eingelagert sind, durften besonders charakteristische Kälteveränderungen von vornherein nicht erwartet werden; denn größere Eiskristalle konnten aus den recht kleinen Zellen des Blutes und der Follikel nicht ausfrieren, und ebenso waren Verdrängungs- und Kompressionserscheinungen sowie andere Zerstörungen bei dem lockeren, quasi elastischen Aufbau des Organs nicht möglich.

Bei der Mehrzahl der Milzschnitte ließ sich eine Kapselabhebung feststellen, die bei den einzelnen Präparaten verschieden stark waren. In verschiedenen Schnittserien wurde neben der Abhebung auch eine Aufblätterung der Kapsel beobachtet. Das Parenchym unmittelbar darunter zeigte eine Zone von wechselnder Breite mit Systemen von kleinen, annähernd oberflächen-parallelen Rissen. Weiter in der Tiefe durchsetzten größere Lücken und Risse das Gewebe völlig regellos. Um Gefäße und Trabekel waren öfters mondsichelförmige Risse und Spalten zu beobachten. Stellenweise ließen sich auch konzentrische Spalten in den Gefäßwänden nachweisen. Eine Anzahl Präparate zeigte infolge kleiner, rundlicher, über den ganzen Schnitt verteilter Lücken eine eigenartige gefleckte Zeichnung. In nur wenigen Schnittserien ist die Andeutung eines Spaltensystems, die teils radiär, teils parallel verlaufen, zu sehen.

An den Leberpräparaten durfte man unter Berücksichtigung der histologischen Verhältnisse erwarten, daß durch die Eisbildung die Leberzellbalken auseinandergedrängt, dann auch wieder zusammengedrückt und schließlich bis zur Isolierung einzelner Parenchymzellen zerstört würden. Weiter durfte man gewisse Beziehungen der entstehenden Eiskristalle zur Läppchenstruktur des Organs vermuten. Endlich konnte auch hier — nach den Erfahrungen an den Milzschnitten — mit Einwirkungen der Kälte auf die Gefäße gerechnet werden.

An den Schnitten wurden folgende Veränderungen festgestellt:

1. Abhebung und Aufblätterung der Kapsel, in Umfang und Stärke sehr wechselnd. Diese Veränderung wiesen die Schnittserien von 13 Lebern auf. Darunter
2. Relativ kompakte Zone mit feinen, ziemlich oberflächenparallel verlaufenden Rissen. Diese Veränderung war weni-

ger häufig; sie wurde nur an 10 Organen beobachtet. Unter ihr folgte

3. Eine Zone stärkerer Parenchymzerstörung. Hier fanden sich zahlreiche, länglich-runde oder polygonale, in Reihen angeordnete Lücken; diese Reihen wieder waren zu Parallel- und Radiärsystemen angeordnet. Man konnte sie häufig schon mit bloßem Auge oder bei schwacher Lupenvergrößerung erkennen. Diese Veränderung zeigten 15 Präparate.

In dieser letztgenannten Zone fanden sich bei stärkerer Vergrößerung die Leberzellbalken teils stark zusammengepreßt, teils auseinandergerissen, teils völlig zerstört bis zur Isolierung einzelner Parenchymzellen. Die typische Organstruktur war in dieser Zone vollständig aufgehoben. Die Gefäßwände waren häufig aufgeblättert. Zeigten die Blutgefäße Inhalt, so war er gewöhnlich hämolytisch. Letzteres gilt auch für die Nieren- und Milzpräparate. Bemerkenswert war übrigens die Beobachtung, daß die Schnittserien eines Präparates, bei dem die Kontrolle eine großtropfige Verfettung ergeben hatte, die für die Leber sonst bisher als typisch beobachteten Gefrierveränderungen nur in ganz geringem Umfange zeigten. Es liegt nahe, an einen ursächlichen Zusammenhang zwischen histologischem Bild und Verfettung zu denken; zu beweisen war es an Hand dieses einen Falles natürlich nicht, zumal die anderen auch verfetteten Lebern — wenn auch vielleicht mit anderer Verteilung des Fettes — die auch sonst beobachteten Gefrierstrukturen in dem gleichen Umfange wie nicht verfettete Organe aufwiesen.

Ein recht wechselvolles Bild boten die Nierenschnitte. Entsprechend dem Aufbau des Organs durften ganz verschiedene Wirkungen der Kälte auf Mark und Rinde bezw. auf Glomeruli und Tubuli, erwartet werden.

In einer kleinen Anzahl von Schnittserien fand sich eine schmale, relativ kompakte Oberflächen- (subcapsuläre) Zone mit kurzen, dünnen, annähernd oberflächenparallelen Rissen. In anderen Serien wieder fanden sich in dieser Zone stellenweise größere, unregelmäßige Lücken.

Dann folgten — in wenigen Serien — im Grenzgebiet von Mark und Rinde — in Größe und Form stark wechselnde Lücken, die das Parenchym sehr auflockern. Teilweise legten die Bilder einen Vergleich mit der Strucktur des spongiösen Knochens nahe. Bei anderen Präparaten wieder hatte man

den Eindruck, als seien sie von Mäusen zerfressen. In einigen weiteren Schnittserien fanden sich Gruppen von rundlichen Lücken, die in Wellenlinien die Schnitte durchsetzten.

Im Mark und vor allem im Bereich der feineren und stärkeren Sammelröhrchen fanden sich längliche, schmale Lücken, entsprechend deren Verlauf.

Bei stärkerer Vergrößerung sahen wir die Glomeruli in einer größeren Anzahl Schnittserien auf die Hälfte des Kapselraumes zusammengedrückt; sie zeigten teils Mondsichel- teils Halbmondform, teils lagen sie stark geschrumpft völlig frei im Kapselraum. In einer Schnittserie waren diese verbreiterten Kapselräume mit eosingefärbten homogenen Massen erfüllt; vermutlich die Reste der aus den Glomeruli ausgefrorenen hämolytisch gewordenen Blutmengen.

An den Tubuli sahen wir an feineren Zerstörungen Abhebung der Zellen von der basalen Membran; weiter sind die Tubuli vielfach zerrissen und zerdrückt. Stellenweise ist die Zerstörung des Parenchyms bis zur Isolierung einzelner Zellen gegangen. Das Zellplasma ist granuliert, die Zellgrenzen sind verwischt. Weiter fanden sich Aufblätterung der Gefäßwände und — wie der Vergleich mit den Kontrollschnitten ergab — Gefrierhämolyse. In den Schnittserien von einem Leber- und 2 Nierenpräparaten fanden sich in den Blutgefäßen merkwürdigerweise unzerstörte und gut mit Eosin gefärbte rote Blutkörperchen. Wenn auch — wie Gefrierversuche an Erythrocyten ergeben haben — diese eine gewisse Kälteresistenz besitzen und erst nach mehrmaligen Durchfrieren zerstört werden, so war eine Ursache für diese Erscheinung an den Präparaten, die doch den gleichen Versuchsbedingungen wie das übrige Material unterworfen worden waren, mit Sicherheit nicht zu ermitteln. Die eben erwähnte Beobachtung deckt sich übrigens mit der Meixner's, der in einem Fall von Tod durch Erfrieren in den Haargefäßen gut mit Eosin gefärbte Erythrocyten fand, die keinerlei Veränderungen aufwiesen. Weiter war durch Vergleich der einzelnen Schnittserien miteinander festzustellen, daß die Blutfülle eines Organs für Art und Umfang der Gefrierartefakte von unerheblicher Bedeutung ist.

Ebenso war die Zeitspanne, in der die Präparate dem Frost ausgesetzt waren, für Ausdehnung und Gestalt der histologischen Veränderungen unwesentlich: an den Organen, die 24 Stunden, bezw. mehrere Tage bis eine Woche in

der Kühlzelle gestanden hatten, waren die gleichen Befunde zu erheben.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Veränderungen an den oberflächlichen Schichten der Organe durch ein Zusammenwirken von Kälte und Verdunstung entstanden sind, dürfen als reine Gefrierartefakte nur die Erscheinungen in den tieferen Gewebsschichten gedeutet werden.

In der Milz sind es im wesentlichen die sichelförmigen Risse um Trabekel und Gefäße und die — allen 3 untersuchten Organen gemeinsamen — Gefäßveränderungen im Sinne einer Aufblätterung der Gefäßwände.

In der Leber die genannten Lückensysteme mit Parallel- oder Radiärstruktur.

In den Nieren die Formveränderungen der Glomeruli; sie dürften durch intracapsuläre Eisbildung verursacht sein. Ebenso sind die Lücken zwischen den Tubuli auf die Wirkung der Kälte zu beziehen.

Die Veränderungen an den Präparaten zeigen viel Aehnlichkeit mit denen, die Plank in seinen Versuchen bei einer Gefriergeschwindigkeit von 0,1 bis 0,2 cm pro Stunde gefunden hat. An seinem Versuchsmaterial — tierischem Muskel — beobachtete er unter obigen Bedingungen: Austritt der Flüssigkeit aus den Muskelfasern in die Bindegewebsräume und Bildung großer Eiskristalle. Entsprechende Kristalle ließen sich in unsern Versuchen bei Entnahme der Präparate aus den Organen und ihrer Aufbereitung unter Umständen schon mit bloßem Auge erkennen. Die beobachteten Veränderungen sind ferner analog den Gefrierartefakten, die K. Reuter an menschlichem Muskel studieren konnte, der in Luft von —15 bis —20 C gefroren war.

Zusammenfassung.

Es wird über Gefrierversuche an den wichtigsten inneren Organen menschlicher Leichen berichtet. Typische Veränderungen finden sich vor allem an Leber und Niere, weniger deutlich an der Milz. Allen drei Organen sind gemeinsam Kälteartefakte an den Gefäßwänden. Die Gefrierveränderungen sind allein abhängig von der einwirkenden Temperatur bezw. der Gefriergeschwindigkeit; unwesentlich ist — bei konstanter Temperatur — die Dauer der Kälteeinwirkung. Auch der Blutgehalt der Organe scheint für Art und Ausdehnung der Gefrierveränderungen unmaßgeblich zu sein. Gefrierhämolyse ist — von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen — gewöhnlich zu beobachten. Inwieweit der Fettgehalt eines Organes die Ausbildung der Gefrierstrukturen beeinflußt, war nicht sicher zu entscheiden.

Am Schlusse meiner Arbeit möchte ich nicht verfehlen, Herrn Professor Dr. K. Reuter für die freundliche Ueberlassung des Themas und die liebenswürdigen Ratschläge meinen besonderen Dank auszusprechen.

Literatur.

1. Samuel: Erstarrung und Entzündung. Virchows Archiv, Bd. 43, 1868.
2. Cohnheim: Neue Untersuchungen über die Entzündung. Berlin 1873.
3. Kriege: Ueber hyaline Veränderungen der Haut durch Erfrierungen. Virchows Archiv, Bd. 116, 1884.
4. Kochs: Ueber die Vorgänge beim Einfrieren und Austrocknen von Tieren und Pflanzensamen. Biolog. Zentralblatt. Bd. 12. 1892.
5. Uschinsky: Ueber die Wirkung der Kälte auf verschiedene Gewebe. Zieglers Beiträge, Bd. 12, 1893.
6. Volkmann: Ueber die Regeneration des quergestreiften Muskelgewebes beim Menschen und Säugetier. Zieglers Beiträge, Bd. 12. 1893.
7. Unna: Histopathologie der Hautkrankheiten. 1894.
8. Hodara: Beitrag zur Pathologie der Erfrierung. Monatshefte für praktische Dermatologie, Bd. 22, 1896.
9. Molisch: Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.
10. Fuerst: Ueber die Veränderungen des Epithels durch leichte Wärme- und Kälteeinwirkungen bei Mensch und Säugetier. Zieglers Beiträge, Bd. 24, 1898.
11. Hochhaus: Ueber die Gewebsveränderungen nach lokaler Kälteeinwirkung. Virchow Archiv, Bd. 154, 1898.
12. Rischpler: Ueber die histologischen Veränderungen nach der Erfrierung. Zieglers Beiträge, Bd. 28, 1900.
13. Froriep: Anatom. Anzeiger, Bd. 11, 1901.
14. Marchand-Krehl: Handbuch der allgemeinen Pathologie. I. 1908.
15. Moellgard: Ueber die Verwendung der Gefriermethode für vitale Fixation des Zentralnervensystems. Anatom. Anzeiger, Bd. 39, 1911.

16. Schellenberg: Zur Gefrierfleischfrage. Schweizer Archiv für Tierheilkunde. Bd. 54, 1912.

17. Plank, Ehrenbaum, Reuter: Die Konservierung von Fischen durch das Gefrierverfahren. Abhandlung zur Volksernährung. 1915.

18. Plank u. Kahlert: Ueber die Behandlung und Verarbeitung von gefrorenem Rindfleisch. Abhandlung zur Volksernährung, Heft 5, 1916.

19. Plank: Ueber den Einfluß der Gefriergeschwindigkeit auf die histologischen Veränderungen tierischer Gewebe. Zeitschrift für allgemeine Physiologie, 17. Heft 3, 1916.

20. Reuter K.: Ueber die Verwendung der Kälte in der anatomischen Technik. Zeitschrift für angewandte Anatomie und Konstitutionslehre. Bd. 2, 1918.

21. Reuter: Erfahrungen an gefrorenen Leichen. Deutsche Zeitschr. f. d. ges. ger. Medizin, Bd. 1, 1922.

22. Lepeschkin: Pflanzenphysiologie. Berlin 1925.

23. Krause: Enzyklopädie der mikroskopischen Technik. 1926.

24. Schmorl: Die pathologisch-histologischen Untersuchungsmethoden. Leipzig 1928.

25. Meixner: Ein Fall von Tod durch Erfrieren. Deutsche Zeitschrift für die ges. ger. Medizin, Bd. 18. 1932.

26. Schmidt O.: Die Ausmittlung extrahierbarer Giftstoffe durch Gefrierverfahren. Deutsche Zeitschrift für die ges. ger. Medizin, Bd. 20, 1933.

Lebenslauf.

Am 25. August 1907 bin ich, Leonhard, Georg, Richard Pauldrach, als Sohn des damaligen Oberpostassistenten Josef Pauldrach und seiner Ehefrau Helene, geb. Thomas zu Schweidnitz geboren.

Nach vierjährigem Besuch der Grundschule trat ich Ostern 1918 in die Sexta des humanistischen Gymnasiums meiner Heimatstadt ein. An der gleichen Anstalt bestand ich am 15. März 1927 die Reifeprüfung.

Nun studierte ich an der Universität Breslau zunächst 2 Semester Jura, wechselte dann die Fakultät, wurde Mediziner und bestand daselbst zu Beginn des Wintersemesters 1930/31 das Physicum.

Von den klinischen Semestern studierte ich je eins in Greifswald und Innsbruck, die übrigen 4 in Breslau, wo ich am 16. Januar 1934 die ärztliche Staatsprüfung mit der Note „Gut" beendete.

Während des praktischen Jahres arbeitete ich am Gerichtsärztlichen Institut zu Breslau, an der Lungenheilstätte Carolagrün i. Vogtl. und im Kreiskrankenhause Rastenburg/Ostpr. Seit meiner Approbation (15. 2. 1935) arbeitete ich bis zum 30. September 1936 als Assistent am Tuberkulosekrankenhaus Breslau-Herrnprotsch. Seither bin ich als Vertreter tätig.

Ich bin arischer Abstammung.